はじめに

本講座は，京大合格にむけて，実践的な解答力の強化を目指した講座です。

京都大学の生物は，知識問題と考察問題がバランスよく融合した良問ばかりです。その中でも，頻出単元である“遺伝子”をテーマとしたものを中心に，挑戦しておくべき問題を集めました。

京都大学の生物では，“リード文から設定を読み解く読解力”，“データから仮説を導く分析力”，“自分の考えを的確にまとめる表現力”が求められます。その中で特に重要なのが“分析力”になります。データのどの部分に注目するべきであったのか，その数字から何を読み取るべきであったのか。実際の問題に触れる中で，そのテクニックを磨いていきましょう。

テキストの問題は，あらかじめ予習の段階で一通り解いておきましょう。問題にはすでに目を通してある前提で解説を進めていきますので，問題が解けなかったときこそ問題文をもう一度熟読した上で，講義に入るようにしてください。

今，これを読んでいる君たちのほとんどは受験生であると思います。その受験生としての日々を，長く孤独な戦いであると感じている人もいるでしょう。しかし，これほど純粋でフェアな競争もそうはありません。これまでのことは関係なく，君の素養と努力が直接問われています。そのチャレンジしている自分，成長していく自分にワクワクしてください。この過程で得た苦労も喜びも全て君のものです。

君のその努力は，君の合格する確率を確実に上げてくれます。どうぞ，安心して力いっぱい励んでください。

牧島　央武

目　次

第１講　神経細胞の興奮⑴ …… p.4

第２講　神経細胞の興奮⑵・発生 …… p.12

第３講　染色体と遺伝 …… p.20

第４講　突然変異 …… p.24

第５講　遺伝子導入・グルコース輸送体 …… p.30

第６講　細胞増殖とタンパク質 …… p.38

第７講　光合成・バイオテクノロジー …… p.44

第８講　湖沼の生態系⑴ …… p.50

第９講　湖沼の生態系⑵ …… p.56

第10講　自家不和合・血縁淘汰 …… p.60

第１講　神経細胞の興奮⑴

(A)　神経細胞は細胞体と，そこから伸びる多数の突起からなり，枝分かれした短い突起を樹状突起,長く伸びた突起を軸索という。神経伝達は細胞体で起こった興奮が軸索を伝わり，シナプスを介し次の神経細胞に伝えられることで起こる。神経細胞には，細胞の外側と内側で電位差があり，刺激を受けていない時は，電位は内側の方が外側に比べて低くなっている。この電位差を静止電位という。神経細胞に刺激が加えられると，刺激された部位で細胞膜の内側と外側の電位が瞬間的に逆転する。この時の電位変化を活動電位といい，このような活動電位の発生は，神経細胞の興奮とよばれる。

問１　細胞外液の Na^{+} 濃度が静止電位および活動電位に及ぼす影響について，マウスの神経細胞を使用して解析したところ，細胞外液の Na^{+} 濃度を正常値の 100%，50%，33%となるようにした場合，細胞膜の電位が**図１**に示すように変化した。この図を参考にして，キンギョの神経細胞の細胞外液の Na^{+} 濃度を変化させ，神経細胞の静止電位および活動電位を測定した場合，結果を示すグラフとして最も適切なものを，次の①～⑥から１つ選べ。なお，グラフの各点は，膜電位の最高値を示している。

＊細胞外液を変化させた際，浸透圧は変化しないように調節してある。

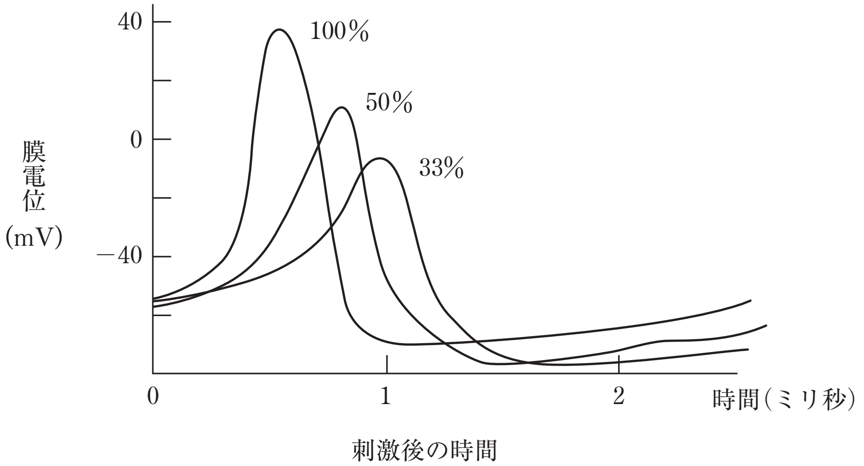
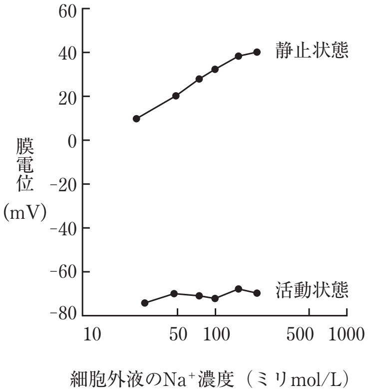
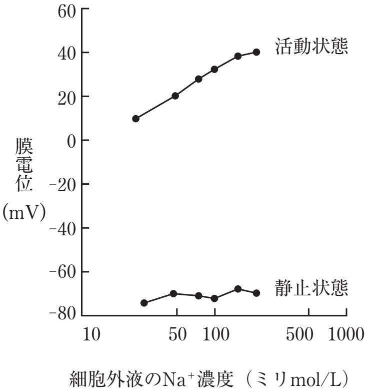


図１

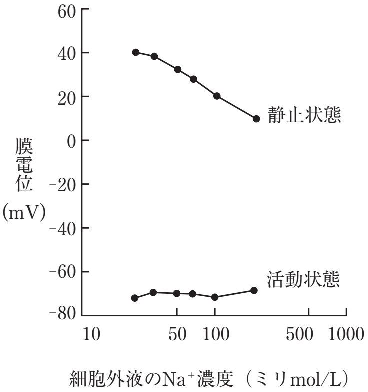
①


60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
膜電位 (mV)
10
50
100
500
1000
細胞外液のNa⁺濃度（ミリmol/L）
静止状態
活動状態

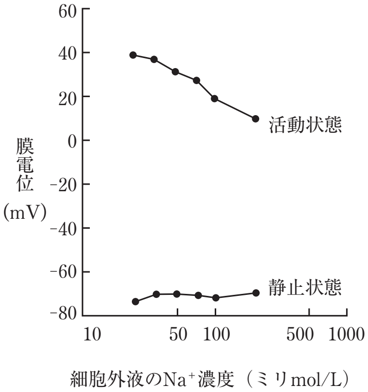
②


60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
膜電位 (mV)
10
50
100
500
1000
細胞外液のNa⁺濃度（ミリmol/L）
活動状態
静止状態

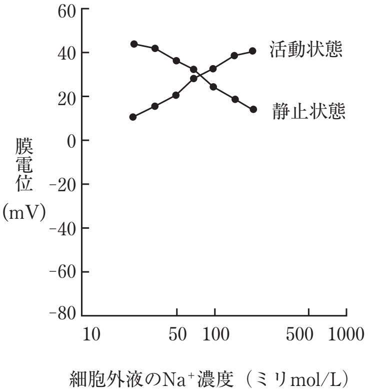
③


60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
膜電位 (mV)
10
50
100
500
1000
細胞外液のNa⁺濃度（ミリmol/L）
静止状態
活動状態

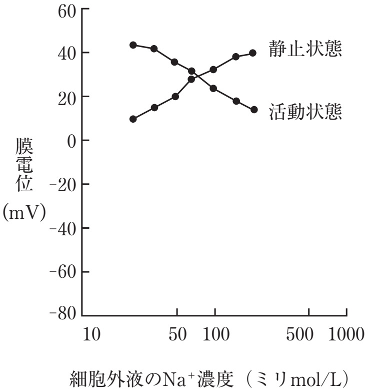
④


60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
膜電位 (mV)
10
50
100
500
1000
細胞外液のNa⁺濃度（ミリmol/L）
活動状態
静止状態

⑤


60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
膜電位 (mV)
10
50
100
500
1000
細胞外液のNa⁺濃度（ミリmol/L）
活動状態
静止状態

⑥


60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
膜電位 (mV)
10
50
100
500
1000
細胞外液のNa⁺濃度（ミリmol/L）
静止状態
活動状態

問２　神経細胞の静止電位は，各種イオンの神経細胞内外の濃度比と細胞膜におけるイオン透過性により決定される。イオン(X)を透過させるイオンチャネルにおいて，イオンの移動が見かけ上停止する電位は平衡電位と呼ばれ，次の式で表すことができる。

$$E_x(mV)=58\log_{10}\frac{[X]_o}{[X]_i}$$

E_x：平衡電位

$[X]_o$：細胞外のイオン濃度 (ミリmol/L)，$[X]_i$：細胞内のイオン濃度(ミリmol/L)

表１にはキンギョの神経細胞における細胞内外のイオン濃度を示している。

この表をもとにキンギョの神経細胞の静止電位を計算した場合，何 mV となるか。最適なものを，次の①～⑧から１つ選べ。ただし，キンギョ神経細胞の細胞膜には Na チャネルと K チャネルが存在し，静止状態の細胞膜は K^+ をほぼ選択的に透過させていると仮定する。

なお，計算に必要ならば $\log_{10}3=0.48$，$\log_{10}5=0.70$ を使用せよ。

表１

イオン	細胞内イオン濃度(ミリmol/L)	細胞外イオン濃度(ミリmol/L)
Na^+	10	150
K^+	120	4

①　52mV　　②　−52mV　　③　68mV　　④　−68mV

⑤　75mV　　⑥　−75mV　　⑦　86mV　　⑧　−86mV

〈2010 年度　北里大学〉

(B)　哺乳類の神経細胞は，核のある[ア]，他の神経細胞からの情報を受け取る[イ]ならびに，電気信号を伝達する[ウ]からなる。有髄神経の場合，[ウ]は絶縁性の高い[エ]に取り巻かれており，伝導速度が極めて速い。この[エ]の切れ目を[オ]といい，速い伝導を[カ]伝導と呼ぶ。神経細胞内の電位は，通常 −60mV 程度の負に維持されており，この興奮していない状態の電位を[キ]という。神経細胞は他の神経細胞や筋肉などの効果器と接合し，この接合部を[ク]と呼ぶ。[ク]の興奮を伝達する側には，神経伝達物質を中に含む[ケ]があり，刺激を受けて神経伝達物質を放出する。放出された神経伝達物質は[コ]に結合し，情報を伝達する。

問３　文中の[ア]〜[コ]に適切な語句を記入せよ。

問４　有髄神経細胞が興奮したとき，[ア]で発生した活動電位は，一方向性を保って[ウ]内を伝達される。その理由を解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問５　神経細胞内の Na^+ 濃度は細胞外より低く，K^+ 濃度は細胞外より高いため，興奮により膜電位が閾(いき)値を超えると，細胞内への Na^+ の一過的な透過性上昇と，細胞外への K^+ の一過的な透過性上昇による電位変化が生じる(**図２**)。では，神経細胞を(a)～(d)の条件においた場合，それぞれどのような電位変化を示すか，**図３**の(あ)～(く)の中から最も適切なものを１つ選べ。ただし，Na^+ の細胞外濃度は 0.150 mol/L，細胞内濃度は 0.005 mol/L，K^+ の細胞外濃度は 0.003 mol/L，細胞内濃度は 0.140 mol/L であるとする。また，実験にあたり，細胞外の浸透圧が細胞内と同じになるよう，必要に応じてスクロース (ショ糖)を細胞外液に添加した。

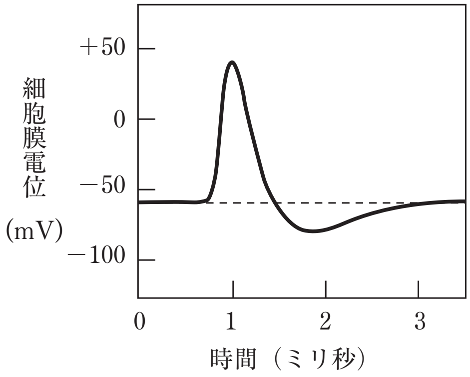


図２

(a)　細胞外の Na^+ 濃度を細胞内と同じ濃度にして，神経細胞を刺激した場合。

(b)　細胞外の K^+ 濃度を 0 mol/L にして，神経細胞を刺激した場合。

(c)　Na^+ の透過性を阻害するフグ毒を加えた状態で，神経細胞を刺激した場合。

(d)　K^+ の透過性を阻害するテトラエチルアンモニウム(TEA)を加えた状態で，神経細胞を刺激した場合。

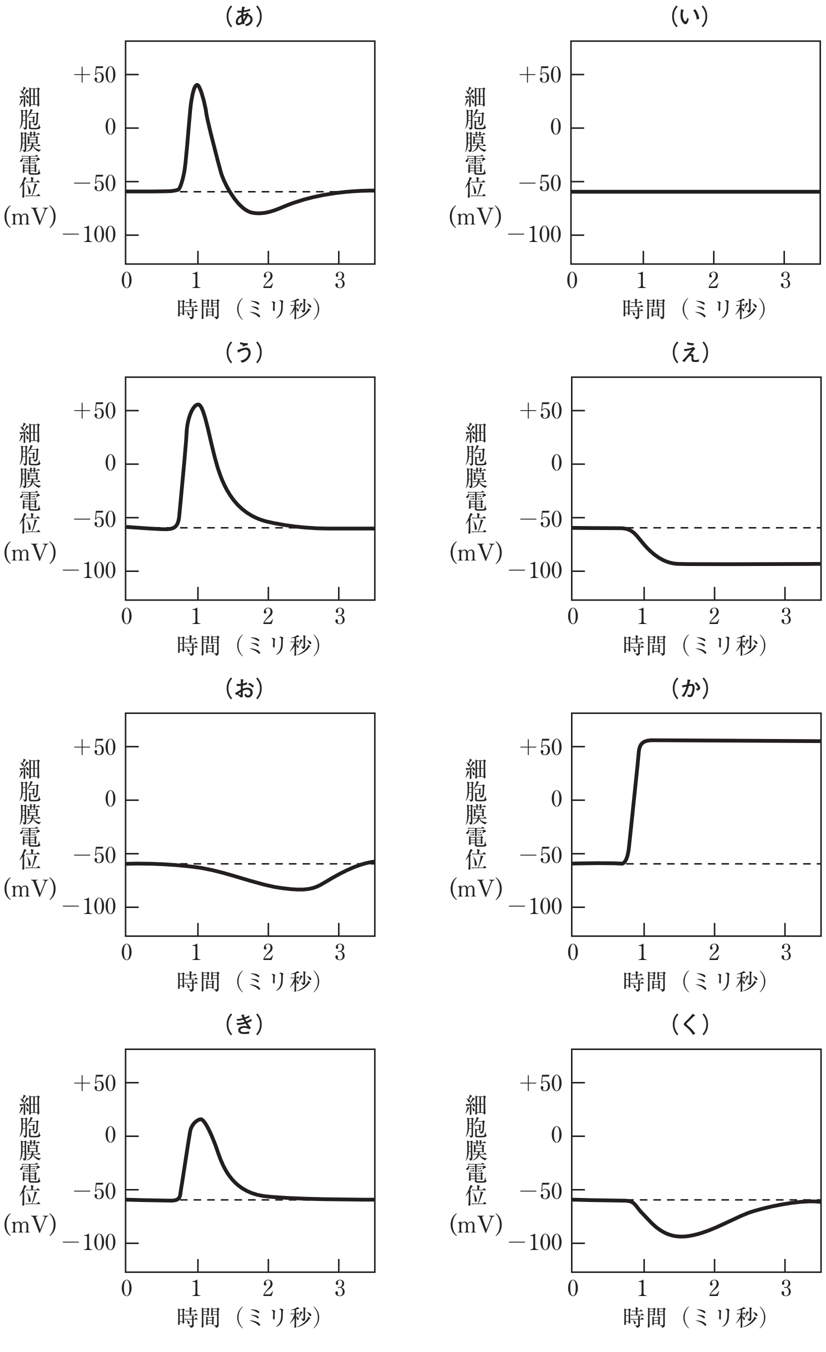


図３

問６　Na^+ と K^+ の透過性は，それぞれのイオンの濃度勾配により流れようとする力と，細胞内外の電位差のバランスで決まる。濃度勾配と電位差が釣り合い，イオンの透過が消失する電位を平衡電位という。Na^+ の平衡電位は $+55$mV で，K^+ の平衡電位は -95mV である。さて，神経細胞内に挿入した電極を用いて細胞膜電位を強制的に特定の値に維持する電位固定法を使用して，神経細胞の活動電位発生時に生ずる Na^+ と K^+ の透過性の増加に基づく電流の変化を観察した。(e)～(j)の条件で神経細胞の膜電位を固定したときに観察される電流に関して，**図４**の(け)～(た)の中から最も適切なものをそれぞれ１つ選べ。ただし，陽イオンの細胞内への流れを内向き電流，細胞外への流れを外向き電流とする。

(e)　膜電位を 0mV に固定した場合。
(f)　フグ毒を加えた状態で，膜電位を 0mV に固定した場合。
(g)　TEA を加えた状態で，膜電位を 0mV に固定した場合。
(h)　フグ毒と TEA の両方を加えた状態で，膜電位を 0mV に固定した場合。
(i)　膜電位を $+55$mV に固定した場合。
(j)　膜電位を -95mV に固定した場合。

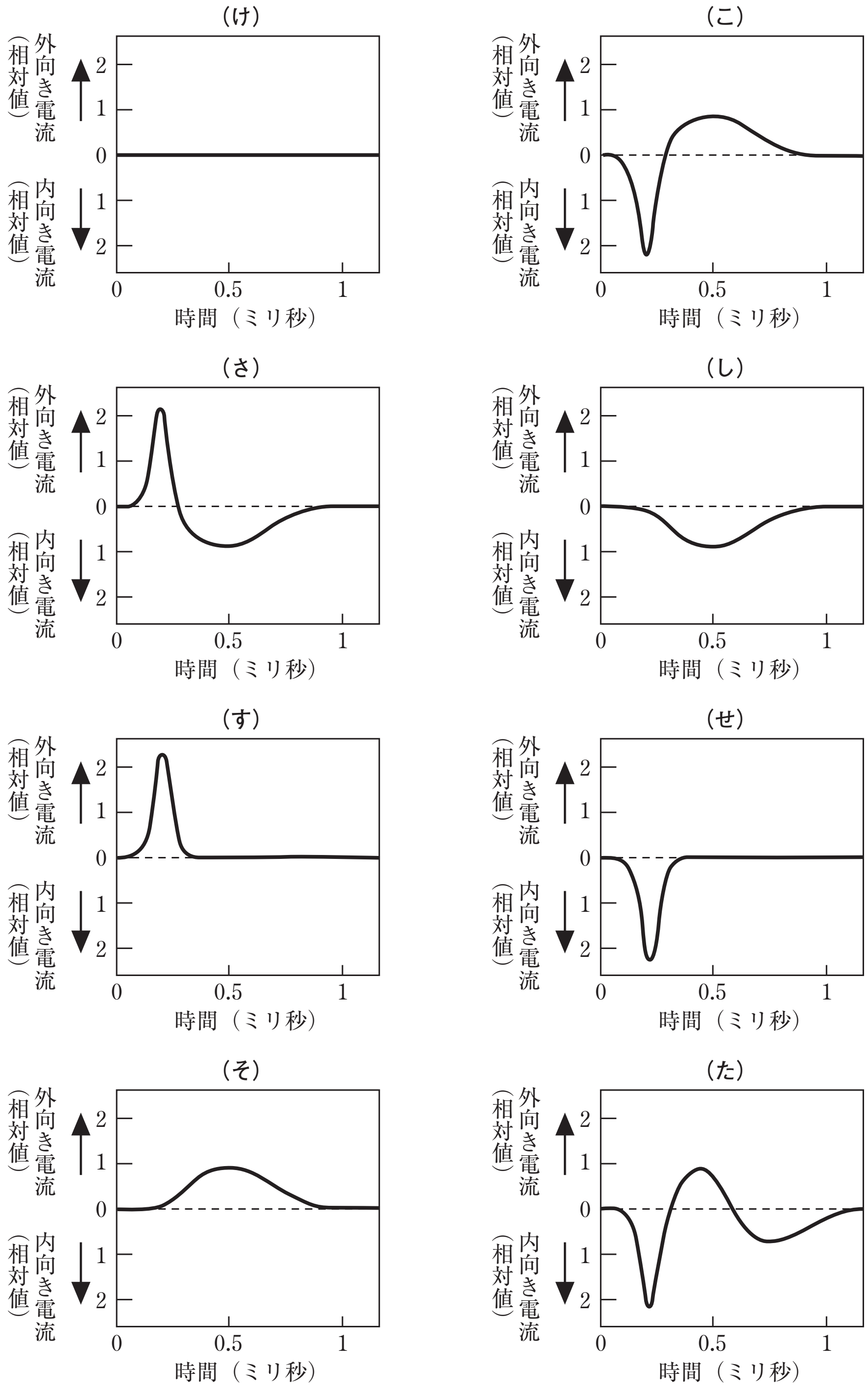


図４

テキスト解答

第１講

(A)

問１　②

問２　⑧

(B)

問３　**ア**　細胞体　**イ**　樹状突起　**ウ**　軸索　**エ**　髄鞘

オ　ランビエ絞輪　**カ**　跳躍　**キ**　静止電位

ク　シナプス　**ケ**　シナプス小胞　**コ**　受容体

問４　細胞体で発生した活動電位は，隣接する静止部との間に活動電流が流れることで新たな活動電位を発生させ，さらに隣接へと伝導していく。しかし，活動電位が発生した部位は直後に新たな活動電位を生じない不応期となるため，細胞体で発生した活動電位は軸索内を逆流できず，一方向性を保って伝導されることになる。

問５　(a)　(く)　(b)　(あ)　(c)　(く)　(d)　(う)

問６　(e)　(こ)　(f)　(そ)　(g)　(せ)　(h)　(け)　(i)　(そ)　(j)　(せ)